

Considérons un fil traversé par une quantité chargée d'électricité constante  $q$  par unité de longueur. S'il est suffisamment éloigné de la terre et des autres conducteurs, la force électrique maxima qui s'exercera à sa surface aura pour valeur,  $a$  étant le rayon du fil :

$$R_{\max} = \frac{2q}{a}$$

C'est un fait bien établi que, si cette force dépasse une certaine valeur, il y aura rupture de la couche d'air environnante et formation d'une couronne.

En courant alternatif, la rupture peut se produire aussi souvent que le courant éprouve de pulsations, de sorte que la perte correspondante peut être continue. En courant continu, au contraire, une fois que la rupture s'est produite, il n'y a aucune raison pour qu'elle se maintienne d'une façon permanente, si l'on ne tient pas compte des actions mécaniques qui s'exercent sur l'air qui a été le siège de la rupture, actions qui tendent à le chasser et à l'éloigner du fil, tandis qu'il est remplacé par une nouvelle couche qui sera ensuite rompue et chassée à son tour.

Mais, en tenant compte de ce mécanisme de substitution, on conçoit qu'il puisse se produire une perte d'énergie régulière et permanente, bien que dans des conditions très différentes de celles qui régissent le phénomène en courant alternatif.

On peut calculer approximativement la vitesse à laquelle l'air doit être chassé après la rupture pour que le jeu de la substitution soit régulier; on trouve environ 40 m. par seconde.

Mais A. Righi a démontré que ce n'est pas là la véritable explication du phénomène; toutes les molécules de l'air ne sont pas affectées par la rupture, c'est seulement une très faible portion de la couche d'air qui est affectée, tandis que le reste ne subit absolument aucune modification.

D'autres expériences ont alors eu pour but d'évaluer la vitesse exacte des molécules qui subissent la rupture, et J.-J. Thomson a trouvé qu'elle était d'environ 1,5 cm. par seconde pour un champ de 1 volt par centimètre. Quant à la proportion de la masse d'air affectée par la décharge, elle semble être de l'ordre de 2 pour 100.

L'auteur a fait une série d'essais sur un fil enfermé dans un cylindre et sur des fils parallèles. Il notait l'état hygrométrique de l'air, et faisait varier sa pression depuis la pression ordinaire jusqu'à 350 millimètres.

L'auteur a pu ainsi faire intervenir les résultats qu'il avait obtenus au sujet de la variation de la rigidité diélectrique de l'air avec la pression (1).

Les conclusions de ces expériences ont été les suivantes:

1° Il existe une force électrique critique pour laquelle la perte atmosphérique se produit, aussi bien pour une ligne continue que pour une ligne alternative.

2° Cette force critique est la même pour un courant continu que pour un courant alternatif d'intensité maxima égale.

3° Cette force est sensiblement la même, que le fil considéré soit positif ou négatif, pourvu que sa surface soit nette.

4° Si la surface du fil n'est pas nette, la force critique est beaucoup moindre en charge négative qu'en charge positive.

(1) Dans le *Journal of Institution of Electrical Engineers* d'août 1909, l'auteur a décrit les expériences qu'il a faites pour étudier la rigidité diélectrique de l'air en fonction de la pression. Il a trouvé que pour des pressions comprises entre 3 et 15 atmosphères, si l'on évalue la rigidité  $R$  en kilovolts par centimètre, et la pression  $P$  en atmosphères, on peut représenter cette rigidité par la formule empirique suivante:

$$R = 20 + 25,6 P$$

5° Elle est d'autant plus grande que le fil est plus mince.

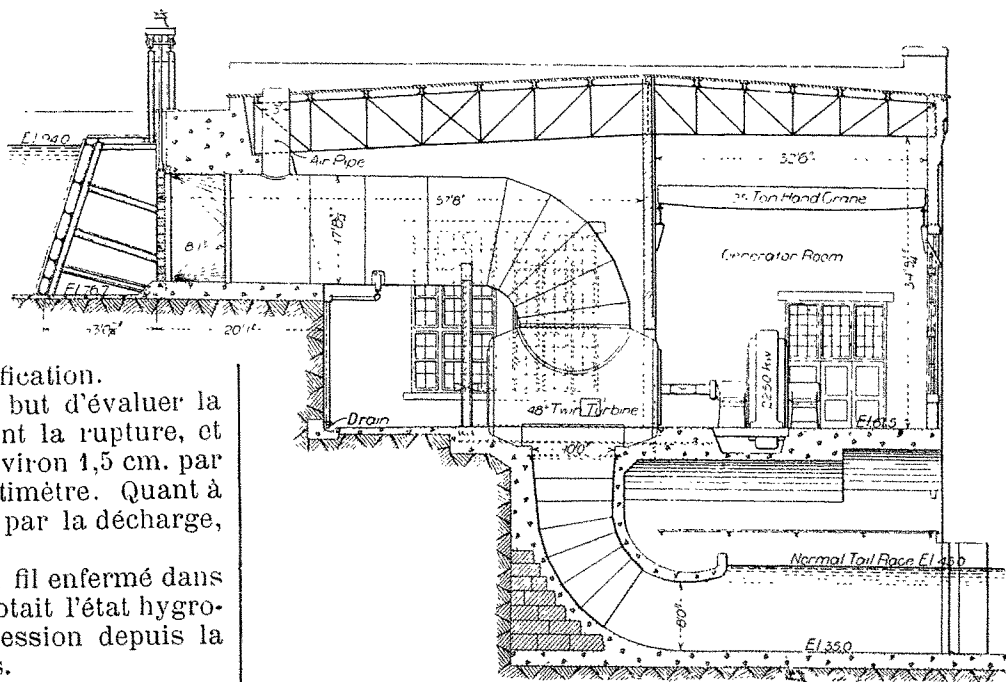
6° Elle diminue en même temps que la pression atmosphérique, mais non d'une façon proportionnelle.

7° La présence de vapeur d'eau est sans aucune influence, dans le cas d'un fil à surface nette, sur la valeur de la force critique, mais elle influe sur la déperdition d'énergie.

8° On ne doit pas considérer en pratique un fil de transmission comme un fil parfaitement net; on doit prendre un facteur de sécurité de 1,5 à 2. Enfin, les essais ont montré que la perte d'énergie peut atteindre une valeur considérable avant que le fil soit enveloppé uniformément par la couronne et ne soit devenu lumineux.

## USINE HYDROÉLECTRIQUE DE SAINT-ANTONY-FALLS

La particularité la plus intéressante de cette usine réside dans ce fait qu'elle a été aménagée dans le but d'utiliser le surplus d'eau non employé par les usines hydrauliques déjà existantes, et de n'utiliser que ce surplus seul. Une telle utilisation ne peut être pratique que dans certaines conditions tout à fait spéciales. Ici, toute l'énergie produite par cette usine est achetée en bloc par la *Twin City Rapid*



*Transit Co* pour son réseau de tramways de Minneapolis et de St-Paul (Minnesota). Cette compagnie dispose d'ailleurs d'une station centrale à vapeur, de 24 000 kw. qui reste la base du système générateur d'électricité, mais, comme l'énergie électrique produite par la nouvelle usine revenait bien meilleur marché que celle produite par la vapeur, toute substitution de la première à cette dernière devenait une opération avantageuse.

L'usine hydro-électrique que nous allons décrire (\*) a été construite à Hennepin, par la *St Anthony Falls Water Power Co*, sur la partie supérieure des chutes de St-Anthony du Mississippi, près de Minneapolis. Elle n'emploie que l'eau non utilisée par la *Water Power Co*, compagnie qui fournit l'eau aux moulins à farines de Minneapolis et à diverses autres industries locales. Elle ne fonctionne par suite que les dimanches et jours de fête, ainsi que pendant les périodes de hautes eaux (\*\*).

(\*) D'après l'*Engineering Record*.

(\*\*) En France, l'usine de St Victor-sur-Loire, qui fait partie du groupe des usines de la *Compagnie Electrique de la Loire*, présente une certaine analogie avec l'usine de St Anthony Falls, en ce sens

La prise d'eau se fait sur la retenue de la *Water Power Co.*, ce qui a évité la construction d'un barrage. Le canal d'amenée a 107 mètres de longueur, et le canal de fuite 85 mètres.

L'usine comprend 4 groupes électrogènes triphasés, et deux groupes d'excitation.

Les grosses turbines sont horizontales doubles, du type Smith, elles tournent à 210 tour par minute sous une chute normale de 15 mètres. Les roues mobiles ont 1<sup>m</sup>22 de diamètre.

Le tube central de décharge de chaque turbine double débouche horizontalement dans le canal de fuite, au lieu de plonger verticalement, comme cela se fait d'ordinaire. Circulaire à sa sortie de la turbine, ce tuyau de décharge s'incurve en s'aplatissant, de manière à avoir à son extrémité inférieure une section elliptique de 2<sup>m</sup>44 de hauteur sur 5<sup>m</sup>79 de largeur. D'après les résultats obtenus aux essais, ce dispositif peut être employé sans inconvénient.

Chaque turbine double est directement accouplée à un alternateur de la *General Electric Co.*, de 2 250 kw, produisant du courant triphasé à 35 périodes par seconde sous 13 200 volts.

Les excitatrices, d'une puissance de 150 kw, produisent du courant continu sous 110 volts. Elles sont actionnées, à la vitesse de 225 tours, par une turbine horizontale Mac Cormick, dont la roue mobile a 0<sup>m</sup>16 de diamètre.

Le courant produit par cette usine est vendu en entier à la *Twin City Rapid Transit Co.* Cette Société possède en outre une usine à vapeur de 24 000 kw, ainsi que nous l'avons déjà dit, et, en outre, une usine hydro-électrique, d'une puissance de 7 000 kw, qui marche en parallèle avec les deux premières, et qui est située immédiatement à l'aval de l'usine de Hennepin, sur la partie inférieure des chutes de St-Anthony.

Le courant alternatif triphasé produit, ou acheté, par la *Twin City Rapid Transit Co.* est envoyé dans diverses sous-stations de Minneapolis et de St-Paul, pour y être transformé en courant continu.

Le coût d'aménagement de l'usine de Hennepin est, par cheval, de 26 dollars, (135 fr.) se répartissant comme suit : Canaux d'amenée et de fuite, vannes, etc., 7,5 dollars ; turbines : 4 dollars ; équipement électrique : 8 dollars ; construction de l'usine génératrice : 6,5 dollars.

H. B.

## FRÉQUENCEMÈTRE

DE LA COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS  
ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ

Sur la figure 1 ci-contre, B et B' sont deux bobines, à l'intérieur desquelles plongent deux noyaux de fer doux F et F'. La bobine B est en tension avec une résistance R, et par conséquent traversée par courant  $i''$ , dont la valeur, en supposant la self-induction de ce circuit négligeable est :

$$i'' = \frac{E}{r}$$

La bobine B est en tension avec une self-induction S, et par conséquent parcourue par un courant  $i'$  dont la valeur, en supposant sa résistance négligeable devant  $\omega L$ , est :

$$i' = \frac{E}{\omega L}$$

qu'étant établi sur le canal d'irrigations du Forez, elle ne fait passer dans ses turbines que le surplus de l'eau non utilisée par les irrigations. Elle marche d'ailleurs sans arrêt ; elle utilise seulement plus ou moins d'eau.

Dans chacune de ces bobines, les noyaux respectifs F et F' plongent d'une petite quantité, de façon que l'attraction de la bobine B sur le noyau F soit maximum quand le noyau F est en haut de sa course, et décroisse au fur et à mesure que ce noyau s'enfonce dans la bobine, et par conséquent que l'aiguille dévie sur la droite ; de même l'action de la bobine B' sur le noyau F' décroît au fur et à mesure qu'il s'enfonce dans la bobine, et par conséquent que l'aiguille dévie vers la gauche. Nous pouvons donc écrire que la force exercée sur le noyau F est sensiblement inversement proportionnelle à la déviation  $\alpha$ , tandis que celle exercée sur le noyau F' est proportionnelle à cette déviation. L'appareil étant équilibré, son couple est constamment nul, les noyaux et l'aiguille prennent une position telle que les forces exercées sur les deux noyaux sont égales. Ces forces sont proportionnelles au carré de l'intensité moyenne :

$$f = \frac{a i''^2}{\alpha} = f' = b i'^2 \alpha$$

Les coefficients  $a$  et  $b$  dépendent du nombre de tours des bobines, de leur forme, et des dimensions des noyaux de fer :

$$\frac{a E^2}{r^2 \alpha} = \frac{b E^2}{\omega^2 L^2 \alpha}$$

d'où l'on tire :

$$\omega = \alpha \frac{r}{L} \sqrt{\frac{b}{a}}$$

La quantité  $\frac{r}{L} \sqrt{\frac{b}{a}}$  étant une constante, on a  $\omega = K \alpha$ ,  $\omega$  étant égal à  $2 \pi$  fois la fréquence, la déviation devrait être proportionnelle elle-même à la fréquence. Dans la pratique, la loi de la variation d'attraction des noyaux, avec leur position, n'est pas une droite. La self de la bobine B n'étant pas nulle, tandis que la résistance de la bobine B' n'est elle-même pas nulle, il s'ensuit donc que les divisions en fréquence ne sont pas rigoureusement égales, elles se ressèrent du côté des fréquences élevées. Ce fait présente l'avantage d'obtenir presque la même précision en pour cent pour toutes les fréquences, car, à 25 périodes par exemple, les divisions sont environ deux fois plus écartées qu'à 50 périodes.

Nous remarquons de plus que, dans la formule finale, la force électromotrice  $E$  n'intervient pas, les déviations sont donc indépendantes des variations de voltage.

J. C.

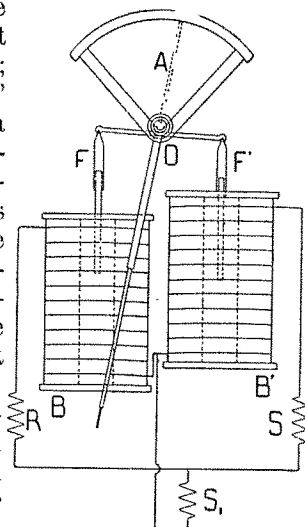


FIG. 1.

Schéma du fréquencesmètre

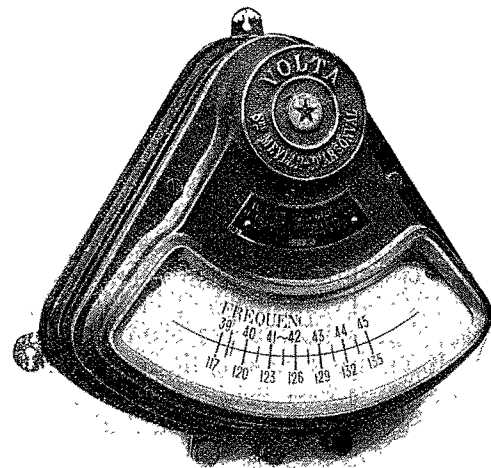


FIG. 2. — Fréquencesmètre de la Co pour la fabrication des compteurs et matériels d'usines à gaz.